

## Trabajo Fin de Grado

### Análisis de diferentes diseños cartográficos mediante la técnica de Eye-Tracking

Autora:

Peña María Tello Ostáriz

Directoras:

Ana Isabel Sánchez Cano  
María Zúñiga Antón

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Mapas.....	1
1.2 Eye-Tracker.....	1
1.3 Movimientos Oculares .....	2
1.3.1 Fijaciones.....	2
1.3.2 Sacádicos .....	2
<b>2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 Hipótesis.....	3
2.2 Objetivo Principal.....	3
2.3 Objetivos Secundarios.....	3
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>4</b>
3.1 Elementos de un mapa .....	4
3.2 Eye-Tracker.....	6
3.3 Protocolo de medida.....	8
3.3.1 Medición.....	8
3.3.2 Cuestionario .....	9
3.4 Grupos a estudio .....	10
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
4.1 Cuestionario .....	11
4.1.1 Contenido del mapa .....	11
4.1.2 Preferencias del diseño del mapa .....	13
4.2 Análisis del Eye-Tracker.....	15
4.2.1 Comparación mapas.....	15
4.2.2 Comparación por grupos.....	17
4.2.3 Relación gráfica .....	17
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>22</b>
<b>ANEXO I: Material de realización de la prueba .....</b>	

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente hay una gran variedad de mapas en el mercado tanto vía online como en papel, que constan de numerosos elementos para hacerlos lo más explicativos posible, pero a veces es contraproducente, ya que cada persona sigue diferentes pautas en la lectura de estos mapas. Esto ocurre porque la mayoría de mapas detallados son proporcionados por agencias de mapas nacionales, y estos mapas son orientados a usuarios profesionales. Aunque es técnicamente factible generar una mezcla comercial de múltiples fuentes y de servicios de autoridad, todavía existe un desafío principal desde una perspectiva cartográfica. (Kiik et al. 2017). El problema es que estos servicios, en general, no proporcionan opciones de diseño que hagan posible un buen mapa, cartográficamente hablando, si estas fuentes son combinadas.

Existen dos maneras de enfocar la solución a este problema. La primera de ellas es permitir al usuario elegir los tipos de símbolos usados en el mapa. La otra opción es configurar pautas productoras de estos servicios. Estas pautas deben asegurar que es posible combinar los documentos no sólo desde un punto de vista técnico, sino también desde un punto de vista cartográfico. Un proyecto de proporcionar este tipo de pautas es actualmente coordinado por el Instituto de Estándares de Suecia (SIS, Swedish Standards Institute, 2015).

### 1.1 Mapas

Partiendo de modelos de mapas sencillos, con los elementos principales incluidos en su diseño, se puede ver cómo afronta cada persona la lectura del mapa de forma individual, y luego como un grupo de personas familiarizadas con el tema tienen una mayor agilidad y comprensión en su lectura.

### 1.2 Eye-Tracker

Los movimientos oculares en la lectura de mapas ofrecen una comprensión de la interacción entre el lector de mapas y el mapa, indicando no sólo si el diseño es bueno o no, sino por qué funciona y por qué no. Esto es posible a partir de estos datos que se analizan de forma objetiva y cuantitativa dependiendo del comportamiento del usuario (Coltekin et al. 2009, Fabrikant et al. 2010, Krassanakis 2013, Ooms et al. 2012).

El Eye-Tracker ayuda a comprender como los lectores del mapa analizan visualmente los elementos (Holmqvist et al. 2011). Es un método directo a la hora de estudiar el proceso visual de los usuarios. Los sujetos en estudio no tienen que reflejar sus pensamientos, las ideas obtenidas no tienen ningún tipo de interferencia durante la visualización del mapa. Así se realiza un almacenamiento de datos de los movimientos del ojo que son gravados por una cámara incluida en el instrumento, que llevará el seguimiento de la pupila durante la medición.

La información útil que puede ser reunida mediante la grabación de los movimientos para comprender la relación entre la lectura de mapas y el diseño de mapas fue estudiada ya en los años 70. La comunidad cartográfica mostró interés en la técnica del eye-tracking hasta los 80, pero después parece que ha ido desapareciendo (Coltekin et al. 2009). Esto es por motivo de que el análisis de los movimientos oculares tenía un coste elevado para comenzar y requería

un esfuerzo intensivo para acabarlo. Hoy en día el Eye-Tracker es asequible, y aunque el análisis de los datos de los movimientos oculares sigue teniendo un coste elevado de tiempo, el procesado digital realiza más fácilmente el proceso los numerosos datos obtenidos en comparación con los métodos análogos que se usaban en los 70 y los 80. (Fabrikant et al. 2008).

Este interés renovado actualmente, también es consecuencia de la necesidad de entender mejor el proceso cognitivo de los usuarios de mapas cuando están trabajando con modelos dinámicos e interactivos. Conocer estos datos es la clave para conectar con las capacidades de los usuarios y crear mapas más efectivos (Cartwright 2012, Fabrikant et al. 2010, Montello 2009). Si se puede entender cómo los usuarios de mapas leen y procesan la información de los mapas, se podrán diseñar mapas con un modelo más fácil de interpretar.

### **1.3 Movimientos Oculares**

Los movimientos oculares cuantifican la información de dónde y durante cuánto tiempo mira el lector un estímulo, e incluye los dos movimientos principales en la lectura de mapas: (1) fijaciones y (2) sacádicos.

#### **1.3.1 Fijaciones:**

La fijación es un movimiento ocular que consiste en llevar la imagen del objeto que se está observando a la fóvea, pequeña depresión en la retina de unos 0.4mm de radio que es la zona encargada de la visión nítida y detallada.

Cuando se mira un objeto para verlo con atención, se enfoca en esta zona ya que es donde se encuentra la mayor concentración de conos, lo que aporta la zona de mayor resolución de la retina.

Hay mucha variedad de opiniones en la interpretación de la duración de las fijaciones. Por ejemplo, Goldberg y Korval (1999) interpretaron que una larga duración de la fijación era indicativo de que algo no era importante. Lo mismo opinó Ooms et al. (2012) analizaron que mapas que no eran eficientes tenían mayor tiempo de fijación, indicando que el lector estaba confundido. Irwin (2014) también enfatizó en que no solo es función de la fóvea, sino que existe un campo funcional de visión que rodea el punto de fijación en cualquier tarea visual. La magnitud del campo visual funcional depende de varios factores: el número de elementos presentados, la semejanza y detalle de los elementos, la tarea a realizar, demanda cognitiva y la manera de analizar de cada uno (Kiik et al. 2017).

La duración total de las fijaciones es la suma de todas las fijaciones realizadas en un estímulo, y está cercanamente relacionado con el tiempo total de visualización del mapa. Como tal, se puede medir en función de cómo de rápido una tarea ha sido completada.

#### **1.3.2 Sacádicos:**

Son movimientos rápidos, bruscos y simultáneos, realizados por el ojo para pasar de un punto a otro del espacio, en este caso del mapa. Estos movimientos son muy importantes para una buena continuidad de la mirada y exigen una gran coordinación. La función de estos

movimientos es reenfocar el punto que se quiere observar en la fóvea, para que se produzca la fijación.

Se pueden diferenciar dos tipos de sacádicos dependiendo de a dónde se quiere mirar:

- Sacádicos de gran amplitud: Son los que se producen, por ejemplo, al aire libre, o cuando se va en el coche, cuando se quiere enfocar a un punto diferente al que se está mirando, o cuando se mira a la cara a varias personas durante una conversación.
- Sacádicos de pequeña amplitud: Son movimientos más cortos que se producen por ejemplo en la tarea de la lectura.

Cuando se mira algo, los ojos fijan la mirada en un punto, extraen la información necesaria y después saltan al siguiente. Para que la fijación sea efectiva la imagen debe coincidir con la fóvea. En el momento en el que va a producirse el sacádico, empieza a trabajar la retina periférica para rastrear cual será el siguiente punto, y cuando lo localiza se vuelve a fijar la mirada.

## **2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**

### **2.1 Hipótesis**

El análisis de la eficiencia visual en la lectura de diseños cartográficos es importante, la técnica del eye-tracking proporciona un mejor conocimiento de cómo se comporta el sujeto visualmente y de esta manera valorar la carga cognitiva, eficacia y usabilidad de empleo de cada uno de los elementos que lo comprenden.

Un grupo de personas relacionadas con titulaciones afines a la Geografía estarán más familiarizadas con el diseño cartográfico y por ello obtendrán mejores resultados a la hora de realizar el estudio frente aquellos que son ajenos a la titulación.

- Hipótesis 1: La técnica del eye-tracking permite valorar el comportamiento visual de un sujeto respecto a la interpretación de un mapa y la eficacia en el diseño de los elementos que lo componen.
- Hipótesis 2: Las personas que han cursado o están cursando titulaciones afines a la Geografía obtendrán mejores resultados en la interpretación de un mapa que los que no han tenido contacto previo con esta disciplina.

### **2.2 Objetivo Principal**

- Analizar mediante la técnica del eye-tracking el comportamiento visual del ojo humano en relación a la interpretación de un mapa y la eficacia en el diseño de los elementos que lo componen.

### **2.3 Objetivos Secundarios**

- Estimar la relación entre el tiempo de lectura de un mapa y la eficacia a la hora de responder a las preguntas sobre el mismo.

- Comprobar que las personas con titulación afín a la Geografía obtienen mejores resultados de lectura de mapas que las que no han estado en contacto con la disciplina.
- Buscar una propuesta de distribución de los elementos de un mapa que optimice su lectura.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

En este estudio se tiene en cuenta diferentes temas vinculados con la lectura e interpretación de cartografía temática y su valoración a través de la técnica eye-tracking. En primer lugar se definen los diferentes elementos que componen un mapa indicando cuáles son los más significativos y cómo se utilizan en el diseño. En segundo lugar, se realiza una descripción sobre el funcionamiento del Eye-Tracker, que será el instrumento de medida en la realización de la prueba, también se detalla el protocolo de medida a seguir. Por último se explican los dos grupos de control a los que se les presenta la prueba y las características de los mismos.

#### 3.1 Elementos de un mapa

Tal y como se ha explicado en el apartado 2, uno de los objetivos secundarios de este trabajo trata de medir las diferencias en la visualización de cartografía atendiendo a las diferentes posiciones de los elementos obligatorios de un mapa de la misma temática.

Los elementos de un mapa son los siguientes (B. Dent 1995; V.Olaya 2014):

- Título y subtítulo.
- Leyenda.
- Escala.
- Cuerpo del mapa: Como pueden ser objetos, tierra, agua u otras características importantes a tener en cuenta.
- Mapa Auxiliar: Se utiliza cuando es necesario mostrar cierta zona del mapa con más detalle y a una mayor escala. Se puede incluir en el original y se señala la zona a la que corresponde sobre este último.
- Flecha de Norte: Para indicar la orientación de un mapa.
- Mapa de Ubicación: Nos indica dentro de una zona donde se encuentra aquello que representa el mapa y provee de un lugar de referencia conocido.
- Información: Incluye la referencia, obtención de datos, fecha...
- Cuadrícula.
- Símbolos.
- Texto adicional: Para información adicional relevante.

Todos estos elementos se pueden dividir en obligatorios, como son: título, leyenda, escala, norte y fuente de información; y opcionales: mapas auxiliares, gráficos, símbolos... Para esta primera aproximación se han utilizado los elementos obligatorios, partiendo de modelos de mapas sencillos.

Título: Tiene un tamaño significativo para captar la atención del lector y da una primera idea del contenido del mapa, es breve. Puede incluir datos como el dónde, qué y por qué, aunque suelen ser omitidos.

Leyenda: Es una relación ordenada de símbolos gráficos y alfanuméricos en la que se exponen de forma individual cada uno de los instrumentos de codificación cartográfica utilizados en el mapa. Es la principal referencia a los símbolos que se encuentran en el mapa, secundarios al título, pero la clave en su lectura. Sirve para describir todos los símbolos desconocidos que se utilizan y normalmente lleva asociado un título propio. En este caso la leyenda hace referencia al índice de juventud en forma de escala de colores.

Escala: Es la relación existente entre una distancia medida en el mapa y su correspondiente medida sobre la realidad. Se incluye en todos los mapas. Puede indicarse tanto de forma numérica como gráfica para que puedan realizarse los cálculos y estimar visualmente distancias.

Orientación: Habitualmente representada por una flecha indicando el Norte, este elemento revela la dirección del mapa. En caso de no estar presente el lector asumirá que la cartografía está orientada al norte por lo que en caso contrario su inclusión es irrenunciable.

Fuente de información: Se utiliza para información sobre el origen del mapa en lo que refiere a información temática y espacial, como indicador de su fiabilidad, año de edición y otros datos significativos.

El nivel jerárquico que se le asigna a cada uno de los elementos es un proceso subjetivo que depende del autor del mapa. La jerarquía visual de los elementos depende de tres aspectos: (a) posición, (b) color y (c) tamaño. Deben tenerse en cuenta a la hora de elegir los elementos del mapa y su posición ya que derivan de la percepción visual.

- (a) Posición: El ojo del lector, generalmente, sigue una trayectoria desde la esquina superior izquierda hasta la esquina inferior derecha, pasando por el centro óptico, por lo que es interesante que los objetos se sitúen sobre esa línea para que corresponda con los movimientos naturales de seguimiento. Los elementos adquirirán mayor importancia cuanto más cerca estén del comienzo de este recorrido: los elementos situados en la parte superior del mapa tienen mayor importancia, así como los situados en la parte izquierda, por lo que son zonas donde deben situarse los elementos sobre los que se quiere centrar la atención.

Los mapas son una herramienta visual, por eso es importante conocer cómo funciona el mundo visual. Los elementos internos del mapa deben mantener un equilibrio, el posicionamiento desde la parte superior de los elementos deben tener una caída común y lineal. Lo mismo puede servir para elementos alineados verticalmente. Este alineamiento produce una apariencia ordenada del mapa y un equilibrio agradable para la disposición del diseño (Brewer, 2005).

- (b) Color: Es una de las principales técnicas en el desarrollo de mapas, ya que puede diferenciar áreas del mapa con infinitud de propósitos. En mapas en los que la información está clasificada puede representar varios valores de la misma variable, mediante una escala de color, como puede ser este caso. Se utilizan diferentes niveles de saturación con la intención de alzar el diseño del mapa.

- (c) **Tamaño:** Indica la importancia que se le da al elemento en sí. Siempre llamará más la atención aquello que sea más grande. Es importante saber repartir el tamaño de los elementos de forma equilibrada para una mejor lectura del mapa y que no haya distracciones a la hora de la lectura, sino que resalten más los datos significativos.

En este trabajo se analizan las diferencias de visualización solo a partir de cambios en la posición de los elementos, se utiliza la misma escala de colores y los elementos tienen el mismo tamaño en los diferentes mapas. Como ya se ha citado, se entiende que la mayor importancia recae sobre el elemento que se encuentra a la izquierda y arriba del documento, puesto que es el lugar por el que se comienza la lectura en la mayor parte de las sociedades occidentales (Slocum 2009).

Existen otras ideas que pueden aplicarse a la composición de los mapas (V.Olaya 2014):

- Los documentos cartográficos tienen dos centros: un centro geométrico y un centro óptico. El centro óptico está sobre el centro geométrico, por lo que los elementos del mapa deben distribuirse sobre dicho centro óptico.
- El mapa debe estar visualmente equilibrado. Este equilibrio visual es una combinación de características como son la posición, color y tamaño, así como orientación, que otorgan el peso necesario en el diseño para llamar la atención del lector.

### 3.2 Eye-Tracker

El Eye-Tracker, ViewPoint Eye-Tracker (Arrington Research Inc, Scottsdale, AZ, USA), es un instrumento que permite estudiar los diferentes movimientos oculares. De este modo, el aparato usa como sistema de iluminación un LED infrarrojo que permite el reconocimiento de la pupila con una cámara, permitiendo calcular con precisión la posición de la pupila y su tamaño.

Se puede obtener la siguiente información:

- Dónde está mirando un sujeto de manera continuada.
- En qué puntos presta más atención.
- Cuánto tiempo necesita para obtener la información que precisa.
- Qué distribución de datos le resulta más cómoda.

El sistema de funcionamiento es el siguiente (Eye-Tracker User Guide 2005):

Consta de unas gafas que llevan acoplado un sistema de iluminación infrarroja y una cámara de video. El sistema iluminación, ilumina el ojo y proporciona una reflexión especular de la superficie corneal.



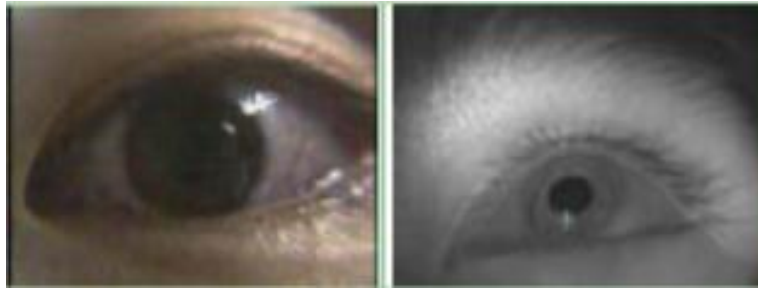


Figura 1. Comparación sistemas de iluminación.

En la Figura 1, se muestra a la izquierda un ojo normalmente iluminado, donde apenas se discrimina la pupila del resto del iris; a la derecha el mismo ojo bajo una iluminación infrarroja, donde se aprecia que la pupila es más fácilmente reconocible.

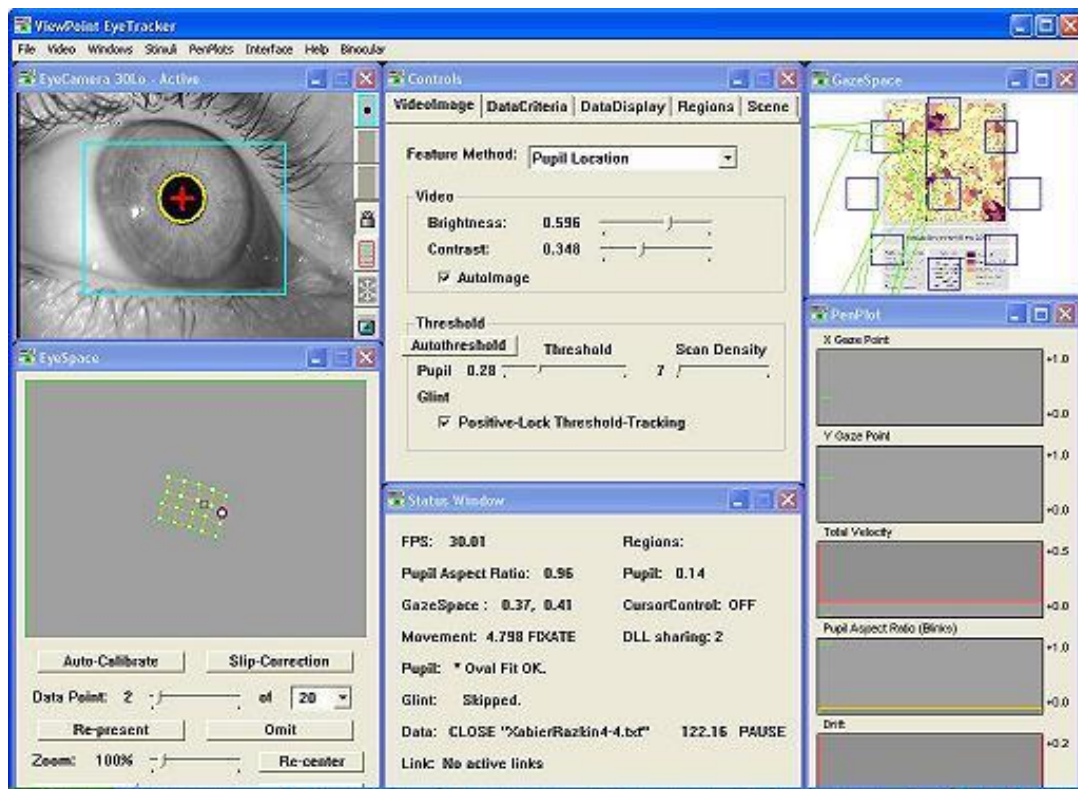


Figura 2. Pantalla de visualización ViewPoint Eye-Tracker.

La cámara recoge la luz infrarroja reflejada por el ojo del sujeto a experimento, y proporciona la información necesaria que será digitalizada en forma de vídeo para que pueda ser visualizado en el ordenador (Eye-Tracker User Guide 2005). El programa tomará la imagen de vídeo y localizará las zonas pertenecientes tanto a la córnea como a la pupila. Se obtiene la localización del centro de la pupila y centro de la córnea. Esta imagen se corresponde con la ventana superior izquierda de la Figura 2.

La imagen aparecerá en un área de mapeo, que tendrá la función de transformar las señales de la posición del ojo, que se marcarán con la cruz roja. Ventana superior derecha Figura 2.

Antes de la realización de la prueba, e incluso entre las medidas de los mapas, se realiza la calibración presentando los estímulos para medir las señales de posición del ojo para cada uno de los estímulos. Estos datos serán utilizados posteriormente para el cálculo de una función de mapeo para la posición del punto de fijación. Ventana de calibración esquina inferior izquierda de la Figura 2.

En último lugar, se presenta el estímulo a estudio, en este caso el mapa temático, y se lleva a cabo la medida. Ventana superior derecha de Figura 2.

### **3.3 Protocolo de medida**

La realización de la prueba está dividida en dos partes: (1) Medición y (2) Cuestionario.

#### **3.3.1 Medición**

##### **- Eye-Tracker**

En primer lugar se le explica al sujeto en qué consiste la prueba y se le proporciona la documentación indicada en el ANEXO 1 en que se incluye una breve descripción del procedimiento.

A continuación se posiciona al observador a 50 centímetros de la pantalla, se le colocan las gafas con el Eye-Tracker y se lleva a cabo el ajuste de la cámara y la fuente de iluminación infrarroja. Para un correcto ajuste, el ojo del sujeto debe quedar dentro del encuadre de la ventana de la cámara, como se muestra en la Figura 2. Cuando haya finalizado el ajuste se procede a la calibración.

La calibración consta del seguimiento de 20 cuadrados verdes que se muestran en la pantalla sin mover la cabeza, para así explorar los movimientos oculares y obtener una medición más precisa.

En el estudio para estar seguros de que los movimientos que se realizaran fueran completamente oculares, se les indicaba a los participantes que no movieran la cabeza ni durante la calibración ni la prueba. En el momento en el que realizaban algún movimiento con la cabeza, la calibración se alteraba y se debía volver a repetir el análisis.

##### **- Mapas**

Se mostrará el mapa y se procederá a la realización de la medida. El tiempo máximo es de 5 minutos, aunque depende del sujeto que es el encargado de recoger la información e indicará cuando ha finalizado. Este procedimiento se seguirá con los 4 mapas con sus calibraciones intermedias.

Estos mapas temáticos son univariados, puesto que presentan información sobre una sola variable: la población infantil en los municipios de una zona de Castilla y León. Utiliza una leyenda secuencial de color que va del amarillo al morado, dependiendo de la intensidad del porcentaje de población menor de 15 años respecto al total. Se aplica sobre una base espacial superficial que representa las delimitaciones municipales.

Todos los mapas presentan los mismos elementos: Título, leyenda, norte, escala y fuente de información colocada en diferentes posiciones. Además el área cartografiada presenta una rejilla de letras y números que permite preguntar al sujeto acerca de temas de distribución espacial de la variable estudiada. El Mapa 1 tendrá sus elementos ordenados de izquierda a derecha, presentando a la izquierda el título, leyenda y fuente de información y a la derecha de estos el cuerpo del mapa. El Mapa 2 será de la misma orientación horizontal, diferenciada en que los elementos del título leyenda y fuente se encontrarán a la derecha. El Mapa 3, de orientación vertical, proporciona el título en la zona superior, seguido de la leyenda y la fuente de información, y seguido el cuerpo del mapa. Por último el Mapa 4, será de orientación vertical como el mapa 3, con la diferencia de que el título, leyenda y fuente de información se encuentran en la parte posterior. Los mapas no se mostraban siempre en el mismo orden, evitando así el efecto aprendizaje. Se adjuntan mapas en ANEXO 1.

### 3.3.2 Cuestionario

Una vez finalizada la toma de medidas, se procede a pedirle al sujeto que realice el cuestionario, que consta de dos bloques: el primero con preguntas referidas al contenido del mapa y el segundo con preguntas referidas a su diseño. Se adjunta el cuestionario en ANEXO 1.

En el primer bloque de preguntas se pregunta acerca de la interiorización por parte del sujeto de la información referida a: año, elaboración del mapa; de la escala y de la propia distribución de la población infantil en el territorio estudiado. En este bloque, se pueden diferenciar a su vez las preguntas 1, 2, 3 y 6 que son sobre los elementos, y las preguntas 4, 5 y 7 que son de la interpretación en el contenido del mapa.

El segundo bloque se pregunta acerca de la posición de los elementos a través de la mayor o menor comodidad a la hora de la lectura de los elementos a partir de diferentes parámetros: horizontal frente a vertical, arriba frente abajo e izquierda frente a derecha.

Todos los resultados obtenidos tanto en la toma de medidas con el Eye-Tracker como en los cuestionarios son almacenados para su posterior análisis y comparación. Esto se realiza mediante una hoja de cálculo para cada uno de los sujetos, y otra conjunta para cada uno de los grupos de los cuestionarios.

El sistema de almacenamiento y análisis de resultados se realizó con los siguientes programas respectivamente: Microsoft Excel (Microsoft Office 2010, Microsoft Corporation, Washinton, EEUU) y Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 20.0, SPSS, Chicago, Illinois, USA). La medida de la discrepancia entre grupos a las respuestas de los cuestionarios se realizó con la prueba  $\chi^2$  de Pearson. En los resultados obtenidos con el Eye-Tracker se calculó el valor medio  $\pm$  desviación estándar (DS) y se utilizó el test de Wilcoxon para la comparación por pares. En todos los casos, un valor de  $p < 0.05$  se consideró estadísticamente significativo.

Se realizaron varios archivos de almacenamiento:

- Documento Microsoft Excel Individual para cada uno de los sujetos con las medidas de los mapas y el cuestionario.
- Documento Microsoft Excel de ambos grupos Control con los resultados de los cuestionarios.
- Documento Microsoft Excel de los resultados del cuestionario referentes al contenido.
- Documento Microsoft Excel de los resultados del cuestionario referentes al diseño.
- Documento Microsoft Excel de resumen de resultados obtenidos con el Eye-Tracker.

En el cuestionario se realizó valoración de acierto/fallo para su análisis. Siendo fallo igual a error, y acierto, correcto y respuesta que puede considerarse como no errónea.

### **3.4 Grupos a estudio**

Para este estudio se ha contado con dos grupos control: Grupo A y Grupo B.

El grupo A comprende personas que no tienen experiencia previa en la lectura e interpretación de cartografía temática ni en el tratamiento de la información espacial. Sus procedencias formativas pueden ser diferentes y han sido seleccionados por autocandidatura a participar en el estudio.

El grupo B está compuesto por personas que están cursando las titulaciones afines a Geografía, ya sea el Grado en Geografía y Ordenación del Territorio o el Máster Universitario en Tecnologías de la Información Geográfica para la ordenación del Territorio: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. Se caracterizan porque la cartografía es una herramienta habitual de su profesión, por lo que tienen experiencia previa a la hora de leer mapas. Han sido seleccionados por autocandidatura a participar en el estudio.

Ambos grupos suman un total de 49 sujetos, sin patología oftalmológica conocida, autodenominados sanos y en un rango de edad de 18 a 30 años.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Edad comprendida entre 18 y 30 años.
- Medios ópticos transparentes.
- Corrección óptica actualizada, tanto de gafa como de lentillas.
- Disponibilidad y colaboración para la realización de la prueba.

Los criterios de exclusión:

- Alteración oftalmológica que pudiera tener repercusión en la prueba.
- Dificultades físicas o mentales que pudieran influir en la correcta realización de las medidas.

Todos los participantes dieron su permiso para ser incluidos en el estudio y se les explicó con antelación y en el momento las pruebas que se les iban a realizar. En el ANEXO 1 se incluye el comunicado anterior a la prueba.

## 4. RESULTADOS

La muestra consta de un total de 49 sujetos, 27 pertenecientes al Grupo A y 22 del Grupo B, con edades comprendidas entre los 18 y 30 años.

### 4.1 Cuestionario

Se procede al análisis de los dos bloques que componen el cuestionario: (1) bloque referido al contenido del mapa y (2), bloque sobre las preferencias del diseño.

#### 4.1.1 Contenido del mapa

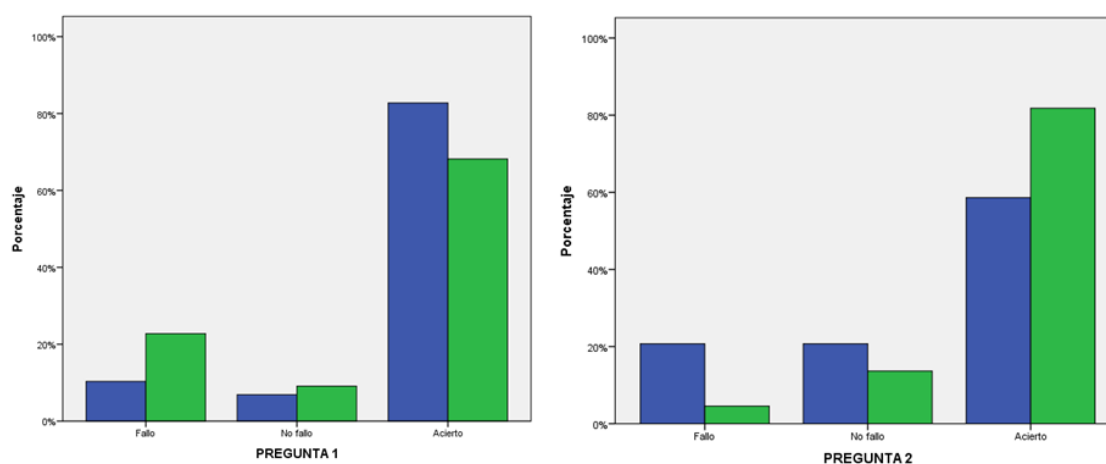
La Tabla 1 muestra los porcentajes de aciertos en ambos grupos. Los resultados con mayor diferencia son los obtenidos en las preguntas 3 y 4. La pregunta 3 hace referencia a la escala del mapa y la pregunta cuatro a la distribución de la población. En la pregunta 3 se han obtenido mejores resultados con un 77.27% de aciertos los sujetos del Grupo B, sin embargo, en la pregunta 4, con un 51.72% han obtenido mayor número de aciertos los sujetos del Grupo A sin tener conocimientos previos sobre el tema.

	No fallan Grupo A [%]	No fallan Grupo B [%]	$\chi^2$ de Pearson
<b>Pregunta 1</b>	89,66	77,27	0,439
<b>Pregunta 2</b>	79,31	95,45	0,157
<b>Pregunta 3</b>	44,83	77,27	<b>0,044</b>
<b>Pregunta 4</b>	51,72	22,73	<b>0,036</b>
<b>Pregunta 5</b>	72,41	77,27	0,291
<b>Pregunta 6</b>	82,76	77,27	0,737
<b>Pregunta 7</b>	89,66	81,82	0,723

Tabla 1. Relación de resultados en la respuesta de los cuestionarios.

El valor de  $\chi^2$  de Pearson representa la diferencia de los resultados en las respuestas de los cuestionarios. Se marcan en rojo los valores en los que las respuestas han tenido mayor diferencia entre ambos grupos y el porcentaje de aciertos en cada uno de ellos.

En la Figura 3 se muestran gráficamente los porcentajes de aciertos-fallos en comparación de ambos grupos.



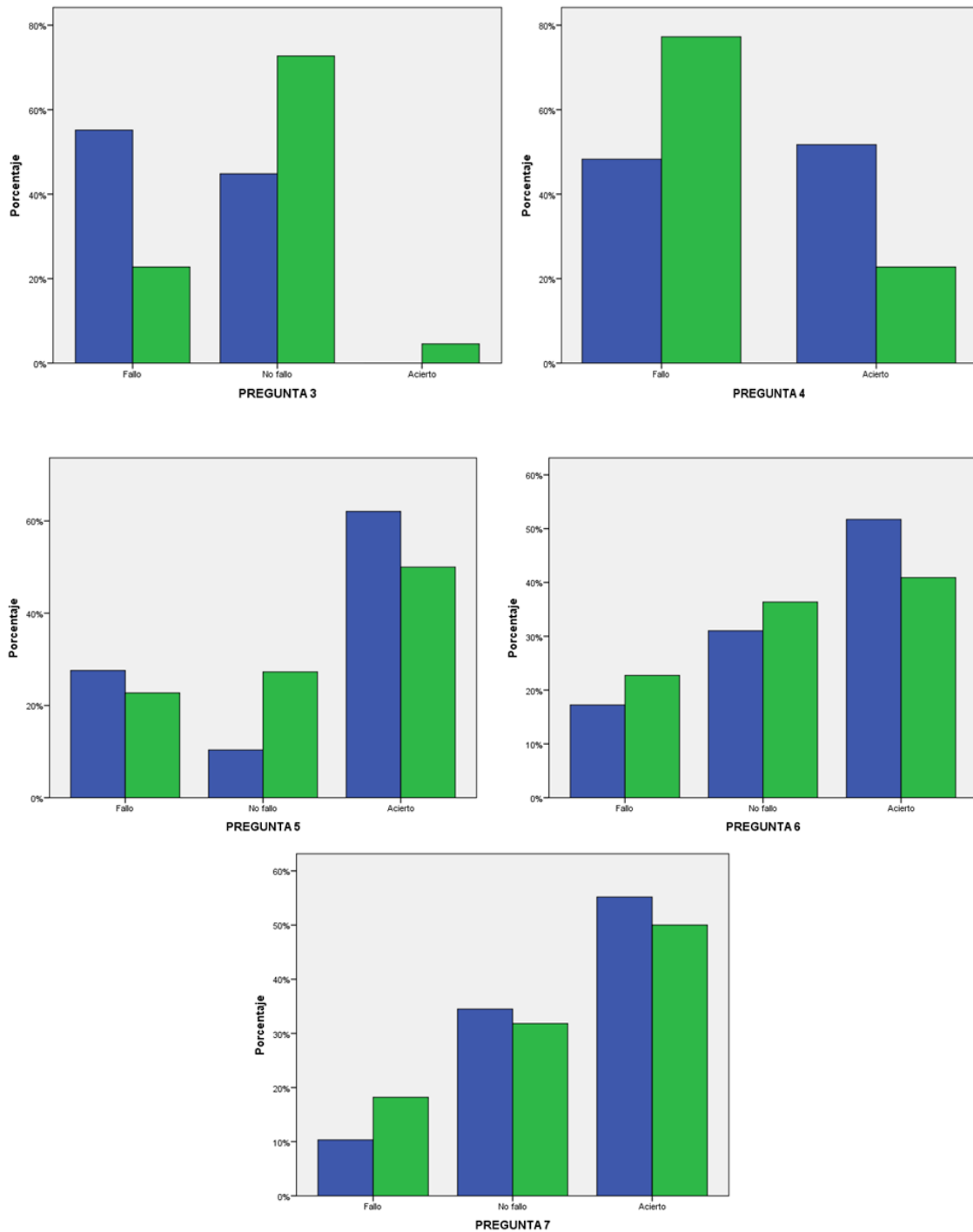


Figura 3. Gráficas aciertos-fallos en cada una de las preguntas con los datos que son considerados erróneos, válidos o correctos.

La pregunta 3 refleja que ningún sujeto del Grupo A respondió bien a la pregunta, frente a una sola persona que acertó del Grupo B, mientras que en la pregunta 4 se ve que aproximadamente el 50% del Grupo A acertó, mientras que falló la mayoría de sujetos del Grupo B.

En promedio, el Grupo A no falla en el 72.91% y el Grupo B en el 72.72%, por lo que ambos grupos tienen un índice de aciertos muy semejantes.

#### 4.1.2 Preferencias del diseño del mapa

En este bloque se evalúa cuál es el modelo de mapa que ha resultado más sencillo a la hora de la lectura y si existe alguna relación de preferencia entre ambos grupos.

		Grupo A [%]	Grupo B [%]	$\chi^2$ de Pearson
<b>Pregunta 1</b>	Horizontal	75,90	72,70	0,799
	Vertical	24,10	2,30	

		Grupo A [%]	Grupo B [%]	$\chi^2$ de Pearson
<b>Pregunta 2</b>	Arriba/Derecha	62,10	40,90	0,134
	Arriba/Izquierda	37,90	59,10	
	Abajo/Derecha	0	0	
	Abajo/Izquierda	0	0	

		Grupo A [%]	Grupo B [%]	$\chi^2$ de Pearson
<b>Pregunta 3</b>	Arriba/Derecha	24,10	13,60	0,332
	Arriba/Izquierda	17,20	4,50	
	Abajo/Derecha	37,90	54,50	
	Abajo/Izquierda	20,70	27,30	

		Grupo A [%]	Grupo B [%]	$\chi^2$ de Pearson
<b>Pregunta 4</b>	Arriba/Derecha	41,40	0	<0,001
	Arriba/Izquierda	6,90	0	
	Abajo/Derecha	31,00	86,40	
	Abajo/Izquierda	20,70	13,60	

Tabla 2. Relación de las preferencias de cada una de las preguntas sobre el diseño del mapa.

No hay diferencias estadísticamente significativas en la preferencia de diseño entre ambos grupos a excepción de la pregunta 4, referente a la Fuente de Información.

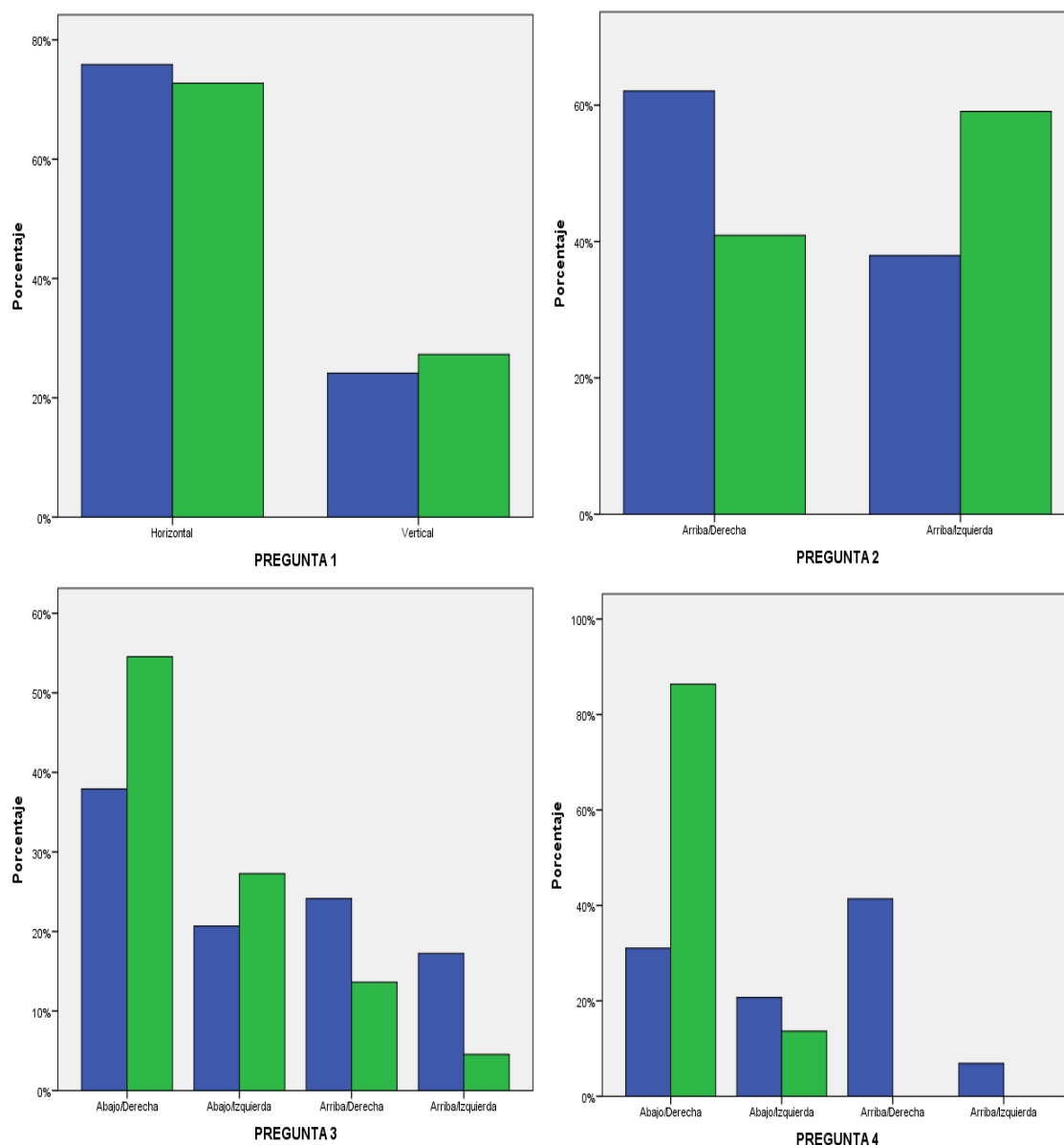


Figura 4. Gráficas de comparación en porcentaje de las preferencias en el diseño.

Como muestra la Figura 4, hay una gran variedad de resultados en cuanto a preferencias de diseño se refiere (ANEXO 1).

En la Pregunta 1, que hace referencia a la orientación del mapa, se ve que más del 70% de ambos grupos prefiere la orientación horizontal.

La Pregunta 2, referida a la posición del título, también se encontraban disponibles la opción d Abajo/Izquierda y Abajo/Derecha. Se ve que todos los sujetos están de acuerdo en que el título esté en la parte superior del mapa. La mayoría de los sujetos del Grupo A, el 62% prefieren que esté a la derecha, frente al 59% del Grupo B que lo prefieren a la izquierda.



En la Pregunta 3 se pregunta por la posición más cómoda para la leyenda. En esta pregunta, el Grupo A muestran una preferencia por la derecha, con un total del 62% y aproximadamente el 82% del Grupo B lo prefieren abajo, siendo el mayor porcentaje referente a la posición Abajo/Derecha.

En la última, la Pregunta 4 referida a la posición de la fuente de información, es la que ha dado valores más dispares. Los del Grupo A han preferido en mayoría con un 41.40% Arriba/Derecha. Sin embargo, en los resultados del Grupo B, se ha obtenido que la fuente de información se sitúe abajo en un 100% y el 86% ha seleccionado que a la Derecha.

#### 4.2 Análisis del Eye-Tracker

A continuación se procede al análisis de los resultados obtenidos mediante el Eye-Tracker. Los resultados se agruparan de la siguiente manera: (1) una comparación de mapas entre ambos grupos, (2) resultados por persona para cada uno de los grupos por separado, y (3) relación gráfica de los dos análisis anteriores.

##### 4.2.1 Comparación por mapas (Grupo A vs Grupo B)

Los parámetros que se van a mostrar en las siguientes tablas e imágenes son los siguientes, siguiendo este orden:

- [FIX+SACC]: Número total de fijaciones más sacádicos.
- [FIX]: Número total de fijaciones.
- [SACC]: Número total de sacádicos.
- [Tiempo Total]: Tiempo total de fijaciones y sacádicos en segundos.
- [Tiempo FIX]: Tiempo invertido en fijaciones en segundos.
- [Tiempo SACC]: Tiempo invertido en sacádicos en segundos.
- [%Tiempo FIX]: Porcentaje de tiempo de fijaciones.
- [%Tiempo SACC]: Porcentaje de tiempo de sacádicos.
- [Longitud SACC]: Longitud de los sacádicos

En primer lugar se realiza una comparación de resultados de los mapas entre grupos considerando que existen diferencias estadísticamente significativas con un valor de  $p < 0.05$ . Se obtienen los siguientes resultados:

		ÓPTICA		GEOGRAFÍA		p
		Media $\pm$ DS	[Intervalo]	Media $\pm$ DS	[Intervalo]	
MAPA 1	FIX+SACC	123,15 $\pm$ 61,10	[47,00 - 257,00]	101,82 $\pm$ 60,02	[25,00 - 293,00]	0,209
	FIX	62,07 $\pm$ 30,55	[24,00 - 129,00]	51,41 $\pm$ 30,01	[13,00 - 147,00]	0,209
	SACC	61,07 $\pm$ 30,55	[23,00 - 128,00]	50,41 $\pm$ 30,01	[12,00 - 146,00]	0,209
	Tiempo Total	58,33 $\pm$ 39,88	[20,93 - 180,30]	42,10 $\pm$ 19,95	[9,60 - 99,06]	0,159
	Tiempo FIX	53,77 $\pm$ 38,03	[19,36 - 170,70]	38,61 $\pm$ 17,90	[8,50 - 87,27]	0,209
	Tiempo SACC	4,56 $\pm$ 2,32	[1,47 - 9,60]	3,49 $\pm$ 2,37	[0,80 - 11,80]	0,075
	%Tiempo FIX	91,62 $\pm$ 2,51	[86,53 - 95,26]	91,69 $\pm$ 2,99	[83,62 - 93,95]	0,976
	%Tiempo SACC	8,38 $\pm$ 2,51	[4,74 - 13,47]	8,31 $\pm$ 2,99	[3,5 - 16,38]	0,976
	Longitud SACC	0,31 $\pm$ 0,12	[0,19 - 0,77]	0,30 $\pm$ 0,04	[0,23 - 0,37]	0,71

Tabla 3. Comparación de medidas correspondiente al Mapa 1.

Como muestra la Tabla 3, en el Mapa 1 no existen diferencias entre ambos grupos.

		ÓPTICA		GEOGRAFÍA		p
MAPA 2		Media $\pm$ DS	[Intervalo]	Media $\pm$ DS	[Intervalo]	
	FIX+SACC	139,44 $\pm$ 86,03	[25,00 - 433,00]	89,41 $\pm$ 36,45	[21,00 - 165,00]	<b>0,025</b>
	FIX	70,19 $\pm$ 43,00	[13,00 - 217,00]	45,18 $\pm$ 18,24	[11,00 - 83,00]	<b>0,025</b>
	SACC	69,26 $\pm$ 43,04	[12,00 - 216,00]	44,23 $\pm$ 18,21	[10,00 - 82,00]	<b>0,025</b>
	Tiempo Total	58,90 $\pm$ 32,19	[19,56 - 156,01]	43,08 $\pm$ 19,12	[16,69 - 83,77]	0,079
	Tiempo FIX	53,68 $\pm$ 29,25	[17,73 - 138,95]	40,07 $\pm$ 18,26	[14,96 - 78,60]	0,095
	Tiempo SACC	5,23 $\pm$ 3,54	[1,00 - 17,06]	3,01 $\pm$ 1,34	[0,67 - 5,17]	<b>0,012</b>
	%Tiempo FIX	91,19 $\pm$ 3,28	[84,18 - 96,14]	92,61 $\pm$ 3,27	[84,00 - 97,45]	0,093
	%Tiempo SACC	8,81 $\pm$ 3,28	[3,86 - 15,82]	7,39 $\pm$ 3,27	[2,55 - 16,00]	0,093
	Longitud SACC	0,29 $\pm$ 0,08	[0,18 - 0,57]	0,29 $\pm$ 0,04	[0,20 - 0,37]	0,433

Tabla 4. Comparación de medidas correspondiente al Mapa 2.

La Tabla 4 muestra que existen diferencias entre ambos grupos. Sobre todo en el número de fijaciones y sacádicos. Los datos reflejan que el Grupo A ha realizado más movimientos tanto de fijación como de saltos de mirada. También tienen una duración mayor en sacádicos que el Grupo B.

		ÓPTICA		GEOGRAFÍA		p
MAPA 3		Media $\pm$ DS	[Intervalo]	Media $\pm$ DS	[Intervalo]	
	FIX+SACC	106,89 $\pm$ 68,02	[29,00 - 335,00]	68,05 $\pm$ 28,63	[23,00 - 127,00]	<b>0,009</b>
	FIX	53,93 $\pm$ 34,02	[15,00 - 168,00]	34,50 $\pm$ 14,31	[12,00 - 64,00]	<b>0,009</b>
	SACC	52,96 $\pm$ 34,01	[14,00 - 167,00]	33,55 $\pm$ 14,32	[11,00 - 63,00]	<b>0,009</b>
	Tiempo Total	52,36 $\pm$ 29,20	[19,16 - 131,65]	34,85 $\pm$ 13,66	[9,83 - 73,34]	<b>0,019</b>
	Tiempo FIX	48,52 $\pm$ 27,25	[17,83 - 123,02]	32,65 $\pm$ 13,17	[9,13 - 69,44]	<b>0,018</b>
	Tiempo SACC	3,84 $\pm$ 2,72	[0,77 - 11,71]	2,19 $\pm$ 1,13	[0,70 - 5,43]	<b>0,008</b>
	%Tiempo FIX	92,68 $\pm$ 3,09	[86,11 - 96,48]	93,43 $\pm$ 3,03	[84,97 - 97,02]	0,376
	%Tiempo SACC	7,32 $\pm$ 3,09	[3,52 - 13,89]	6,57 $\pm$ 3,03	[2,98 - 15,03]	0,376
	Longitud SACC	0,23 $\pm$ 0,06	[0,13 - 0,38]	0,25 $\pm$ 0,05	[0,17 - 0,40]	0,228

Tabla 5. Comparación de medidas correspondiente al Mapa 3.

Esta tabla es del Mapa 3, en el mapa que han existido mayor número de diferencias entre grupos. Como muestra son referentes tanto al número de fijaciones y sacádicos como al tiempo que han invertido en la prueba y en cada uno de los movimientos, siendo los resultados del Grupo A mucho mayores a los del Grupo B.

		ÓPTICA		GEOGRAFÍA		p
MAPA 4		Media $\pm$ DS	[Intervalo]	Media $\pm$ DS	[Intervalo]	
	FIX+SACC	113,07 $\pm$ 67,73	[21,00 - 283,00]	74,55 $\pm$ 40,43	[29,00 - 167,00]	0,069
	FIX	57,00 $\pm$ 33,83	[11,00 - 142,00]	38,68 $\pm$ 19,77	[15,00 - 84,00]	0,089
	SACC	56,07 $\pm$ 33,90	[10,00 - 141,00]	36,64 $\pm$ 20,12	[14,00 - 83,00]	0,063
	Tiempo Total	54,84 $\pm$ 34,54	[15,66 - 140,25]	38,57 $\pm$ 20,03	[13,73 - 92,10]	0,145
	Tiempo FIX	50,83 $\pm$ 32,79	[15,13 - 134,25]	36,18 $\pm$ 19,09	[12,06 - 86,63]	0,188
	Tiempo SACC	4,01 $\pm$ 2,64	[0,53 - 10,16]	2,39 $\pm$ 1,36	[0,73 - 5,46]	0,054
	%Tiempo FIX	92,32 $\pm$ 4,33	[79,44 - 96,60]	93,45 $\pm$ 2,55	[87,86 - 98,41]	0,58
	%Tiempo SACC	7,68 $\pm$ 4,33	[3,40 - 20,56]	6,55 $\pm$ 2,55	[1,59 - 12,14]	0,582
	Longitud SACC	0,28 $\pm$ 0,07	[0,17 - 0,41]	0,25 $\pm$ 0,04	[0,19 - 0,33]	0,115

Tabla 6. Comparación de medidas correspondiente al Mapa 4.

En el Mapa 4 tampoco se muestran diferencias significativas a la hora de comparar los grupos.

En todos los mapas el Grupo A obtiene mayores valores en los movimientos realizados, tanto fijaciones como sacádicos, así como el tiempo total de la prueba.

#### 4.2.2 Comparación por grupos (M1 vs M2 vs M3 vs M4)

A continuación se presenta al análisis por persona de ambos grupos por separado. En primer lugar analizaremos cada mapa para el grupo de Óptica (Grupo A) y después el de Geografía (Grupo B).

Grupo A	M1 vs M2	M1 vs M3	M1 vs M4	M2 vs M3	M2 vs M4	M3 vs M4
FIX + SACC	0,249	0,149	0,665	<b>0,004</b>	0,174	0,269
FIX	0,259	0,149	0,665	<b>0,004</b>	0,174	0,269
SACC	0,249	0,107	0,665	<b>0,004</b>	0,174	0,269
Tiempo FIX+SACC	0,614	0,290	0,631	0,088	0,428	0,639
Tiempo FIX	0,648	0,349	0,683	0,088	0,414	0,614
Tiempo SACC	0,313	0,079	0,239	<b>0,010</b>	0,064	0,614
%Tiempo FIX	0,249	<b>0,041</b>	0,061	<b>0,009</b>	<b>0,044</b>	0,755
%Tiempo SACC	0,249	<b>0,041</b>	0,061	<b>0,009</b>	<b>0,044</b>	0,755
Longitud SACC	0,456	<b>0,000</b>	<b>0,041</b>	<b>0,001</b>	0,374	<b>0,006</b>

Tabla 7. Comparación de resultados entre mapas de manera individual del Grupo A.

Como muestra la Tabla 7, a la hora de realizar el análisis mediante el Eye-Tracker, entre el Mapa 1 y el Mapa 2 no se ven diferencias, como apenas se ven tampoco entre el Mapa 3 y el Mapa 4 debido a que comparten orientación. Donde se destacan más diferencias en el análisis es entre el Mapa 2 y el Mapa 3, y en menor medida entre el Mapa 1 y el Mapa 3.

Grupo B	M1 vs M2	M1 vs M3	M1 vs M4	M2 vs M3	M2 vs M4	M3 vs M4
FIX + SACC	0,389	<b>0,002</b>	<b>0,027</b>	<b>0,008</b>	0,064	0,455
FIX	0,389	<b>0,002</b>	<b>0,042</b>	<b>0,008</b>	0,153	0,305
SACC	0,389	<b>0,001</b>	<b>0,026</b>	<b>0,008</b>	<b>0,046</b>	0,465
Tiempo FIX+SACC	0,661	<b>0,033</b>	0,426	<b>0,050</b>	0,149	0,355
Tiempo FIX	0,685	0,067	0,570	0,058	0,158	0,338
Tiempo SACC	0,516	<b>0,005</b>	<b>0,007</b>	<b>0,010</b>	<b>0,012</b>	0,445
%Tiempo FIX	0,072	<b>0,026</b>	<b>0,002</b>	0,101	0,158	0,858
%Tiempo SACC	0,072	<b>0,026</b>	<b>0,002</b>	0,101	0,158	0,858
Longitud SACC	0,306	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	0,833

Tabla 8. Comparación de resultados entre mapas de manera individual del Grupo B.

La tabla muestra mayor número de diferencias que en el grupo anterior. En este grupo no se aprecia diferencia en el análisis entre el Mapa 1 y el Mapa 2, y tampoco entre el Mapa 3 y el Mapa 4. Sin embargo, la diferencia entre el resto de mapas es más que evidente, sobre todo en el número de fijaciones y sacádicos, así como en el tiempo invertido en ellos.

#### 4.2.3 Relación gráfica

En estas gráficas se va a valorar cada uno de los parámetros señalados en las tablas anteriores. Las columnas agrupadas a la izquierda pertenecen al Grupo A y las de la derecha al Grupo B. Cuatro columnas para cada grupo, cada una de ellas corresponde a un mapa.

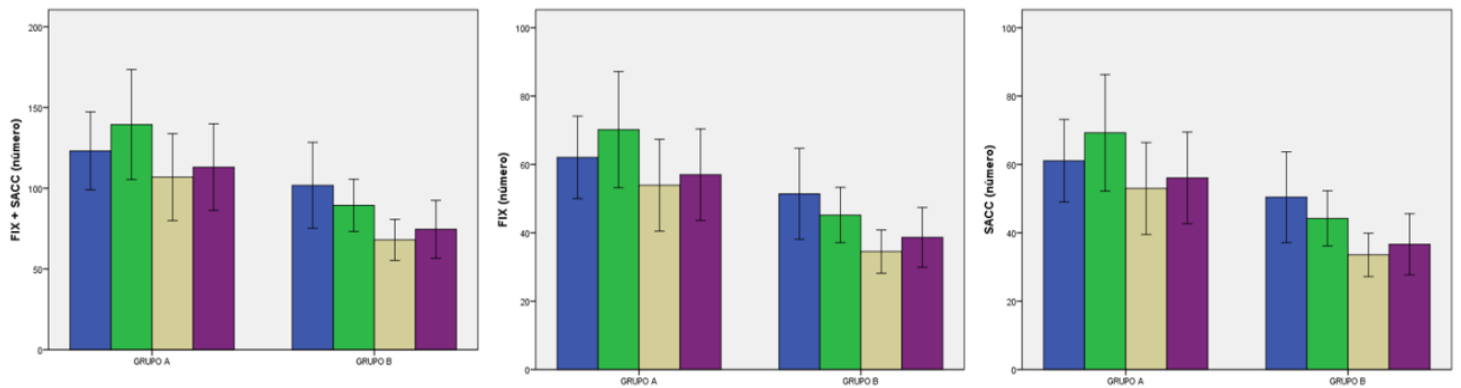


Figura 5. Número total de fijaciones mas sacádicos, número total de fijaciones y número total de sacádicos respectivamente. Mapa 1(azul), Mapa 2 (verde), Mapa 3 (marrón), Mapa 4 (morado). Barras de error, 95% intervalo de confianza.

La primera gráfica muestra que los sujetos pertenecientes al Grupo B han realizado un menor número de fijaciones y de sacádicos, al contrario que el Grupo A en todos los mapas. Este resultado se arrastra en las otras dos gráficas que cuantifican el número de fijaciones y sacádicos por separado, que siguen el mismo patrón.

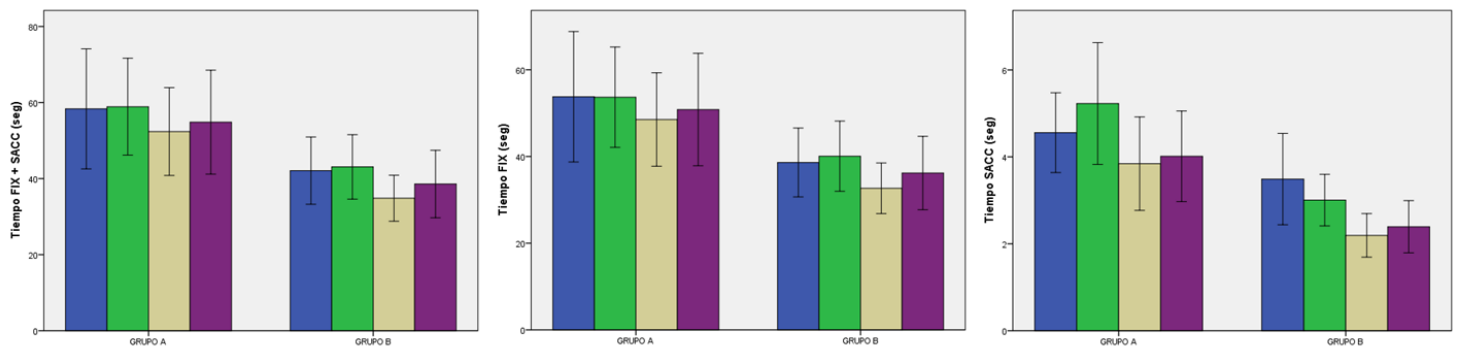


Figura 6. Tiempo total de la prueba, tiempo invertido en fijaciones y tiempo invertido en sacádicos respectivamente. Mapa 1(azul), Mapa 2 (verde), Mapa 3 (marrón), Mapa 4 (morado). Barras de error, 95% intervalo de confianza.

Como refleja la Figura 6, y en comparación con la anterior, al igual que se han realizado mayor número de movimientos, también se ha invertido más tiempo en el análisis del mapa en el Grupo A. El tiempo total es muy parecido entre todos los mapas, siendo el Mapa 3 en el que menos tiempo han invertido ambos grupos.

Donde se muestran más diferencias es en la gráfica de tiempo de sacádicos. En el Grupo A donde más tiempo se ha invertido en sacádicos es en el Mapa 2, al contrario que en el Grupo B que es en el Mapa 1.

En la gráfica central de la Figura 6, referente al tiempo de las fijaciones, si se remite a la Tabla 5, se indica que existe una diferencia  $p < 0.05$  del Mapa 3 entre ambos grupos. Si se observa únicamente el Grupo B en la misma gráfica, según la Tabla 8 se indica que existe una diferencia  $p = 0.058$  entre el Mapa 2 y el Mapa 3, todos los demás mapas tienen una relación  $p > 0.05$ .

En lo correspondiente al tiempo de sacádicos, tercera gráfica de la Figura 6, en las Tablas 4 y 5 se ve que existe una diferencia significativa  $p < 0.05$  entre ambos grupos. En la Tabla 6, correspondiente al Mapa 4, se observa que la diferencia es muy próxima, siendo  $p = 0.054$  y en la Tabla 3  $p = 0.075$  para el Mapa 1.

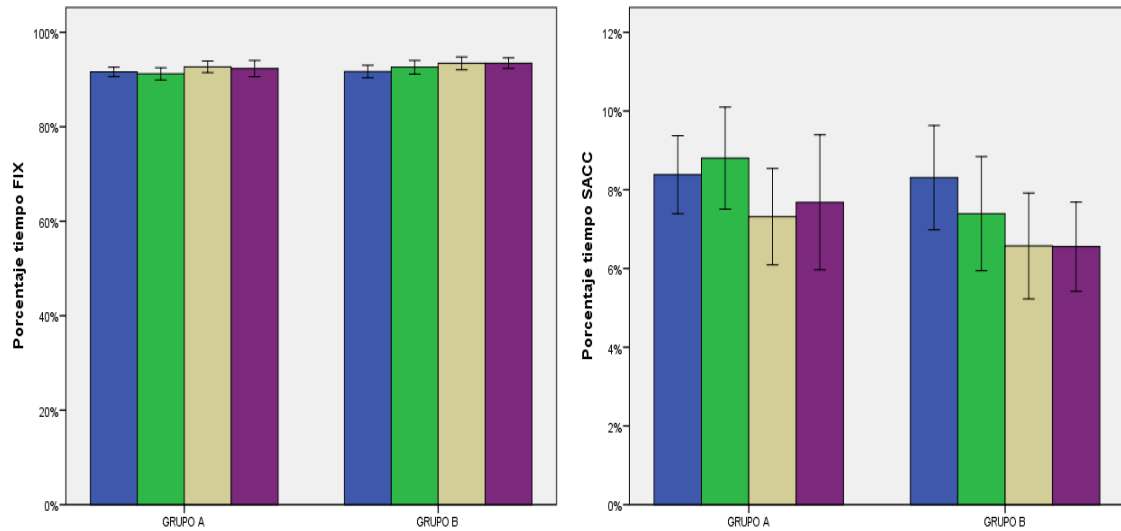


Figura 7. Tiempos en porcentaje de fijaciones y sacádicos. Mapa 1(azul), Mapa 2 (verde), Mapa 3 (marrón), Mapa 4 (morado). Barras de error, 95% intervalo de confianza.

La Figura 7 muestra que más del 90% del tiempo invertido en la prueba se ha empleado para las fijaciones en ambos grupos. Esto es así porque las fijaciones conllevan un proceso de atención y recogida de datos mientras que los sacádicos son un movimiento para volver a buscar un punto de fijación, por lo tanto es menos tiempo, no superando ninguno de ellos el 10% del tiempo total.

El Grupo B ha invertido un tiempo levemente mayor en fijaciones. Los sacádicos se presentan de forma ordenada y mejor distribuidos en el Grupo B frente al Grupo A, que no presentan una relación entre sí.

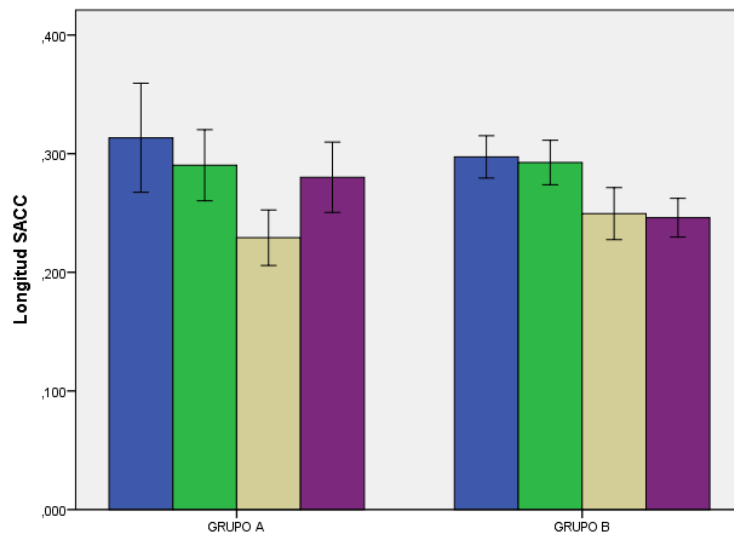


Figura 8. Longitud de los sacádicos para cada mapa en comparación de ambos grupos. Mapa 1(azul), Mapa 2 (verde), Mapa 3 (marrón), Mapa 4 (morado). Barras de error, 95% intervalo de confianza.

Como muestra la Figura 8 existe más similitud en los datos obtenidos por el Grupo B para todos los mapas que en el Grupo A, al igual que sucedía en los movimientos.

En el Grupo A sí que se ve relación entre los Mapas 1 y 2, lo que es de esperar ya que tienen la misma orientación, y los datos están separados de igual manera. El mapa donde se obtienen menores resultados es en el Mapa 3.

En el Grupo B se ve una semejanza tanto en los Mapas 1 y 2 como en los Mapas 3 y 4. Esto es debido a que los mapas son muy similares, sin embargo en el Grupo A entre los Mapas 3 y 4 no se muestra esa similitud.

## 5. DISCUSIÓN

Este trabajo realiza un análisis objetivo de los movimientos oculares en la lectura de distintos mapas y analiza como esto influye en las preferencias sobre el diseño y contenido de forma subjetiva.

Referente al contenido del mapa se muestran que no existen diferencias entre el índice de aciertos de ambos grupos. Ambos grupos han obtenido aciertos mayores al 70% en 5 preguntas de 7. El Grupo B tiene formación específica en el tema, sin embargo, en la Pregunta 4 ha sido el Grupo A el que ha obtenido mejor tasa de acierto, 51.72% frente al 22.73% del Grupo B. Esto podría deberse a que algunos sujetos del Grupo B referían no haberse fijado en esos detalles, lo que hace sospechar que hacían un análisis más profundo de lo que en realidad exigía la prueba, lo que ha podido repercutir en los resultados.

Relativo a la preferencia del diseño de los mapas no existe una diferencia significativa entre ambos grupos. El Grupo B ha tenido unos resultados más uniformes en las respuestas. Esto

podría ser debido a que durante su titulación han estudiado herramientas de diseño de mapas y siguen unas pautas que producen que las respuestas estén sujetas a dichas normas (B. Dent et al. 1995; V.Olaya et al. 2014).

En la Pregunta 1 más del 70% de ambos grupos preferían la orientación horizontal. En la Pregunta 2 se elige la opción Arriba (Derecha o Izquierda) en ambos grupos, decantándose el Grupo A por la Derecha (62%) y el Grupo B por la Izquierda (59%). La Pregunta 3, si se agrupa en posiciones de Arriba o Abajo, en el Grupo B se obtienen los valores de Abajo aproximadamente el 82% y Arriba el 18%. Estos resultados no son tan destacables en el Grupo A, 58.60% Arriba y 41% Abajo. La pregunta en la que más diferencias existen es en la Pregunta 4, mientras que en el Grupo A se obtienen respuestas en todas las opciones, el Grupo B está polarizado hacia una posición inferior en la fuente de información (86%).

Subjetivamente hablando, se puede decir que el mapa preferido es el Mapa 1 en el Grupo B, dado que tiene una orientación horizontal, el título se encuentra en la esquina superior izquierda, y la leyenda y la fuente de información se encuentran abajo en el mismo lado. En el Grupo A sólo queda significativo la posición del título, Arriba/Derecha (62%), lo que corresponde al Mapa 2, considerándose indistintas la posición de la fuente de información y la leyenda, ya que no se obtienen valores significativos. Siendo el Mapa 1 el considerado el mapa ideal (Slocum 2009).

Objetivamente, según Kiik (2017), los parámetros que determinan la eficacia en un diseño son: el tiempo total de fijación y la longitud de los sacádicos.

En la Figura 6 se ve reflejado que para ambos grupos el resultado con menor tiempo de fijación es en el Mapa 3 que se diferencian significativamente del resto de mapas. También se muestra que el Grupo B ha invertido menos tiempo (32.65s) en fijaciones que el Grupo A (48.52s), por lo tanto a menor tiempo de fijación, mayor eficacia visual.

También, la Figura 7 muestra el porcentaje en tiempo de fijaciones y sacádicos. Más del 90% del tiempo de la prueba en ambos grupos corresponde al tiempo de fijaciones. Existe diferencia en la distribución del porcentaje de sacádicos para cada mapa en ambos grupos, excepto en los Mapas 3 y 4 del Grupo B ( $p=0.858$ ).

En relación de la longitud de los sacádicos, entre grupos no hay diferencia. Dentro del Grupo A se ha obtenido un valor significativo respecto al resto de mapas en el Mapa 3, siendo la longitud mínima de sacádicos de  $9^{\circ}$ , obtenidos en dicho mapa, y la máxima de  $12^{\circ}$  en el Mapa 1. Sin embargo en el Grupo B se obtienen valores semejantes entre el Mapa 3 y el Mapa 4 ( $p=0.833$ ) y entre el Mapa 1 y el Mapa 2 ( $p=0.306$ ), siendo los valores mínimos los correspondientes a los Mapas 3 y 4,  $9.64^{\circ}$ , y los valores máximos los obtenidos en el Mapa 1 y 2,  $11.5^{\circ}$ .

Según este criterio de eficacia, se puede determinar que el modelo de mapa más eficiente para ambos grupos es el Mapa 3, ya que es en el que se ha obtenido menor tiempo de fijación y menor longitud de sacádicos, por lo que los movimientos son mucho más eficientes a la hora

del análisis. Este mapa tiene una orientación vertical, y el título se encuentra en la parte superior, seguido de la leyenda y la fuente de información.

Globalmente mientras que en el cuestionario se obtenía una preferencia por el diseño del Mapa 1, o el Mapa 2 en caso del Grupo A, se demuestra mediante el análisis de resultados que el mapa más eficiente es el Mapa 3.

## 6. CONCLUSIONES

Se determina que la técnica del eye-tracking es adecuada para valorar el comportamiento visual de un sujeto de manera objetiva a la hora de interpretar un mapa y se ha podido comprobar la eficacia del diseño a partir de los elementos principales que lo componen, determinando que el mejor diseño de forma objetiva.

Se esperaban mejores resultados en un grupo entrenado, pero ambos grupos han obtenido un número similar de aciertos. Posiblemente, este objetivo se vería cumplido si los mapas fuesen de diseño más complejo.

Se obtiene también que el grupo no entrenado, a pesar de haber invertido mayor tiempo en el análisis del mapa ha conseguido los mismos resultados que el grupo entrenado, que al estar acostumbrados a su interpretación lo han realizado en menor tiempo.

Se comprueba en las lecturas de mapas que los sujetos del grupo entrenado, que ofrecen lecturas más claras y uniformes, siguiendo siempre un orden en su análisis fijándose mejor en los elementos principales y posteriormente a la interpretación. En el grupo no entrenado se realizaban muchos más movimientos, ya que no seguían este orden, por lo que se puede concretar que el Grupo B ha obtenido mejores resultados de lectura.

Como propuesta, según eficiencia, objetivamente, la estructura adecuada sería vertical, y por preferencia de diseño, subjetivamente, de estructura horizontal. Estos mapas tienen en común que el título se encuentra en la parte superior del mapa y la leyenda y fuente de información lo siguen seguidamente debajo, y después se muestra el mapa.

Con respecto a posibles futuros estudios, se considera interesante realizar el mismo análisis teniendo en cuenta la localización de los puntos de fijación dentro del mapa, para así comprobar si existe un patrón de visualización y en qué elemento invierten los lectores de mapas más tiempo de fijación.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. Kiik A., Nyström M. & Harrie L. (2017). Cartographic Design Matters – A Comparison of Thematic Polygon Design, The Cartographic Journal, 54:1, 24-35, DOI: 10.1080/00087041.2016.1147191



2. Ooms K., De Maeyer P- & Fack V. (2014). Study of the attentive behavior of novice and expert map users using eye tracking, *Cartography and Geographic Information Science*, 41:1, 37-54, DOI: 10.1080/15230406.2013.860255
3. Slocum T.A. (1999). *Thematic cartography and visualization. Methods* (p. X, 293 S.). Prentice-Hall.
4. Slocum T.A. (2005). *Thematic cartography and geographic visualization*. NJ: Pearson/Prentice Hall, cap. 11.
5. Slocum T.A., McMaster R.B., Kessler F.C., & Howard H.H. (2008). *Thematic Cartography and Geovisualization*. Prentice Hall series in geographic information science (p. 576).
6. Arrington Research. *ViewPoint Eye Tracker PC-6010 Software User Guide*; October 2005
7. Popelka S., & Brychtova A. (2013). Eye-tracking Study on Different Perception of 2D and 3D Terrain Visualisation. *The Cartographic Journal*, 50(3), 240–246.
8. Çöltekin A., Heil B., Garlandini S., & Fabrikant S.I. (2009). Evaluating the Effectiveness of Interactive Map Interface Designs: A Case Study Integrating Usability Metrics with Eye-Movement Analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 36(1), 5–17.
9. Olaya V. (2014). “Sistemas de Información Geográfica”: Krassanakis, V. (2013). Exploring the map reading process with eye movement analysis. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research* (in conjunction with COSIT 2013), Scarborough, United Kingdom
10. Opach T., & Nossum A. (2011). Evaluating the usability of cartographic animations with eye-movement analysis opach. In *25th International Cartographic* (pp. 1–15).
11. MacEachren, A.M. (1995). *How Maps Work: Representation, Visualization, and Desing*. New York: Guilford Press.
12. Montello, D. (2002). “Cognitive Map-Desing Research in the Twentieth Century: Theotical and Empirical Approaches.”
13. Montello, D. (2009). “Cognitive Research in GIScience: Recent Achievements and Future Prospects.”. *Geography Compass* 3 (5): 1824-1840.